

OKREŚLENIE STATUSU TROFICZNEGO ORAZ JAKOŚCI WODY REKREACYJNEGO ZBIORNIKA ZAPOROWEGO PORĄBKA

Ewa Jachniak¹, Justyna Dobija¹

¹ Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-300 Bielsko-Biała, e-mail: ejachniak@ath.bielsko.pl

STRESZCZENIE

W artykule oszacowano poziom zeutrofizowania wody zbiornikowej za pomocą wybranych metod. Dodatkowo określono jakość wody zbiornika (potencjał ekologiczny, stan chemiczny, stan wód zbiornika) w oparciu o wybrane parametry. Wskaźniki biologiczne wskazały na znaczny poziom eutrofizacji wód zbiornika (głównie biomasa fitoplanktonu), a także na umiarkowany potencjał ekologiczny – III klasa (głównie makrobezkręgowce). Parametry fizykochemiczne nie przekraczały wartości granicznych dla I klasy jakości wód. Mimo tego, ogólny stan wód zbiornikowych został zaklasyfikowany jako zły (zadecydowały o tym elementy biologiczne i ich przynależność do III klasy potencjału ekologicznego).

Słowa kluczowe: biomasa fitoplanktonu, zbiornik zaporowy, jakość wody

THE DESIGNATION OF THE TROPHIC STATE AND WATER QUALITY OF THE PORĄBKA DAM RECREATIONAL RESERVOIR

ABSTRACT

In this publication the eutrophic level of the reservoir water, based on the chosen methods, was estimated. Additionally, in this publication the quality of the reservoir water (ecological potential, chemical state, state of the water), based on the chosen parameters, was defined. The biological indicators indicated on the significant level of the reservoir water eutrophication (mainly phytoplankton biomass) and on the moderate ecological potential – III class (mainly macroinvertebrates). The physical and chemical parameters didn't exceed the boundary values for first water quality class. Despite this, the total state of the reservoir water was classified as bad, (biological elements had decided about this and their affiliation to III class of the ecological potential).

Keywords: biomass of phytoplankton, dam reservoir, water quality

WSTĘP I CEL PRACY

Kaskadę zbiorników zaporowych na Sole tworzą trzy zbiorniki wodne: Tresna, Porąbka i Czaniec. Zbiornik Porąbka jest środkowym w kaskadzie zbiorników, dlatego też w mniejszym stopniu narażony jest na dostawę zanieczyszczeń, gdyż jako pierwsze dopływają one do zbiornika Tresna. Dwa pierwsze zbiorniki w kaskadzie (czyli Tresna i Porąbka) pełnią m. in. funkcje przeciwpowodziowe, hydroenergetyczne (hydroelektrownia Porąbka-Żar jest elektrownią szczytowo-pompową, w skład której wchodzi zbiornik wodny na szczycie góry Żar oraz zbior-

nik Porąbka) oraz rekreacyjne, dlatego też w ich pobliżu znajduje się znaczna liczba ośrodków wczasowych oraz domków letniskowych (Jaguś 2011). Rekreacyjny charakter zbiorników zaporowych zobowiązuje do ich ochrony, takie zbiorniki, zwłaszcza w okresach letnich, powinny być często monitorowane i badane. Jest to konieczne, również dlatego, że dopływy zanieczyszczeń z miejsc rekreacji, mogą dodatkowo pogarszać jakość wód takich zbiorników, a nieodpowiednia jakość wody ma znaczny wpływ na zdrowie wypoczywających ludzi. Dopływ znacznej ilości związków biogennych powoduje niestety najczęściej nadmierny rozwój glonów plank-

tonowych i wzrost procesów eutrofizacyjnych. To z kolei prowadzi do pogorszenia warunków sanitarnych i estetycznych, co nie sprzyja wykorzystaniu wody do celów użytkowych [Kasza 2009, Trojanowska i in. 2010, TieGang i in. 2011, Saghi i in. 2015].

Istotna jest nie tylko fizykochemiczna analiza jakości wody (kontrola podstawowych parametrów fizykochemicznych, m. in. temperatury, przewodności, pH, zawartości tlenu rozpuszczonego, azotu ogólnego i fosforu ogólnego, ale też substancji szczególnie szkodliwych syntetycznych i niesyntetycznych oraz substancji priorytetowych i innych zanieczyszczeń), ale także badanie jej jakości pod względem biologicznym (kontrola wskaźników biologicznych, m. in. Wskaźnika Fitoplanktonowego – IFPL, Multimetrycznego Wskaźnika Okrzemkowego – IO oraz Wskaźnika Makrobezkręgowców bentosowych – MZB) i hydromorfologicznym. Parametry te pozwalają na określenie potencjału ekologicznego, stanu chemicznego oraz ogólnego stanu wód zbiornikowych (sposób oceny zawarty jest w Rozporządzeniu Ministra z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. 2016, poz.1187]), dzięki którym możemy poznać stopień czystości lub zanieczyszczenia wody badanego zbiornika.

Celem pracy było oszacowanie poziomu zeutrofizowania oraz określenie jakości wody zbiornika zaporowego Porąbka.

OBSZAR BADAŃ

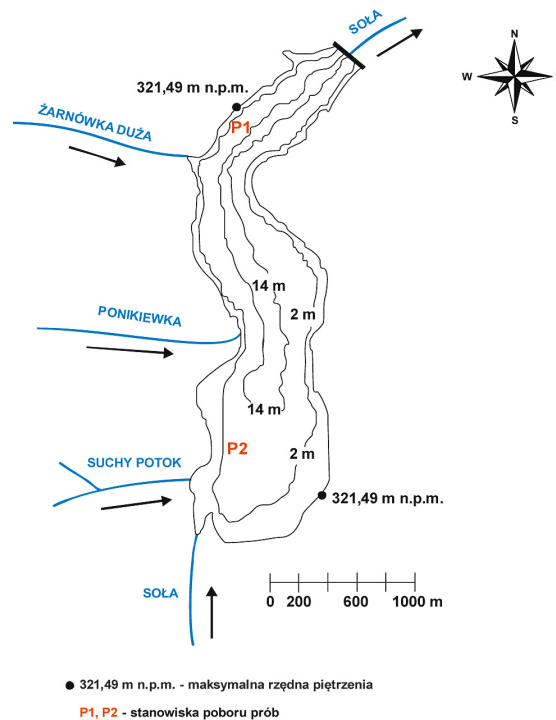
Zbiornik zaporowy Porąbka zlokalizowany jest w Kotlinie Żywieckiej i otoczony górami Beskidu Małego. Jest najstarszym i drugim pod względem wielkości oraz kolejności zbiornikiem w kaskadzie rzeki Soły, dość głębokim (średnia głębokość wynosi 8,7 m, maksymalna – 19 m), o znacznej maksymalnej powierzchni (334 ha). Występują w nim znaczne wahania poziomu zwierciadła wody (mogące dochodzić do 10 m), warunkowane pracą elektrowni szczytowo-pompowej „Porąbka-Żar”. Charakter fizykochemiczny wód tego zbiornika kształtują przede wszystkim wody zlokalizowanego wyżej zbiornika Tresna oraz wody dopływającej Soły. Parametry hydromorfologiczne zbiornika zaprezentowano poniżej [Stachowicz i Czernoch 1992, Osuch-Chacińska i in. 2007, Jachniak 2010]:

- rok rozpoczęcia eksploatacji – 1938,
- powierzchnia czaszy zbiornika przy maksymalnym poziomie piętrzenia (MPP) – 334 ha,
- pojemność całkowita przy maksymalnym poziomie piętrzenia (MPP) – 27,19 mln m³,
- czas retencji wody – 15,7 doby (obliczono dzieląc objętość zbiornika przez średni dobowy dopływ rzeki Soły),
- funkcje zbiornika – przeciwpowodziowe, hydroenergetyczne, rekreacyjne.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Próby wody do badań fitoplanktonu pobierano z dwóch stanowisk badawczych (P1 – stanowisko zlokalizowane w pobliżu zaporu, niedaleko dopływu rzeki Żarnówki Dużej i P2 – stanowisko w pobliżu ujścia rzeki Soły do zbiornika) w okresie wegetacyjnym 2015 roku (od kwietnia do września w odstępach miesięcznych) (rys. 1).

Analizy ilościowe fitoplanktonu wykonano przy użyciu mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse 200. W celu analizy glonów planktonowych wykorzystano komorę o wysokości 0,4 mm i średnicy 20 mm. Glony liczone w 17 polach



Rys. 1. Zarys zbiornika wraz ze stanowiskami poboru prób

Fig. 1. The contour of the reservoir with the places for taking samples

widzenia, w trzech powtórzeniach. Zagęszczenie poszczególnych okazów obliczono według Lunda i in. [1958], a biomasę (podawaną w mokrej masie) obliczono przyrównując organizmy fitoplanktonowe do brył geometrycznych. W celu wyliczenia biomasy posłużono się następującym przelicznikiem [Rott 1981]:

$$1 \mu\text{m}^3 = 1/1 \cdot 10^9 \text{ mm}^3 = 1/1 \cdot 10^9 \text{ mg} \quad (1)$$

Próby do analiz fizykochemicznych pobierano w rejonie zapory, a wyniki (z lat 2012 i 2013) zostały udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, oddział w Bielsku-Białej. Poziom zeutrofizowania wód zbiornika określono na podstawie klasyfikacji Heinonena [1980], uwzględniającej wielkość biomasy fitoplanktonu (tabela 1).

Dodatkowo poziom trofii wód zbiornika w latach 2012 i 2013 określono za pomocą indeksu TSI Carlsona. Skala obejmująca wartości liczbowe indeksu TSI wraz z przypisanymi poziomami trofii została zaprezentowana w poniższej tabeli (tabela 2) [Carlson 1977, Jaguś 2011].

Do oceny trofii (pod względem fizykochemicznym) oraz oceny jakości wody wykorzystano wyniki analiz wód zbiornika z lat 2012 i 2013, udostępnione przez WIOŚ, oddział w Bielsku-Białej. W roku 2012 przeprowadzony

Tabela 1. Zakresy średnich wartości ogólnej biomasy fitoplanktonu wraz z określonymi poziomami troficznymi wód [Heinonen 1980]

Table 1. The boundary values of the whole phytoplankton biomass with the specified trophy levels [Heinonen 1980]

Typ troficzny	Zakresy średnich wartości biomasy fitoplanktonu ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)
Jeziora oligotroficzne	0,14 – 0,68
Jeziora mezotroficzne	1,21 – 1,98
Jeziora eutroficzne	3,45 – 6,93
Jeziora hipertroficzne	17,5

Tabela 2. Wartości liczbowe indeksu TSI wraz z przypisanymi poziomami trofii [Carlson 1977, Jaguś 2011]

Table 2. The numerical values of the TSI index with the assigned trophy levels [Carlson 1977, Jaguś 2011]

Wartości liczbowe indeksu TSI	Poziom troficzny
TSI < 40	oligotrofia
40 – 50	mezotrofia
50 – 60	mezoeutrofia
TSI > 60	eutrofia

został monitoring diagnostyczny wód zbiornika (który jest przeprowadzany co 6 lat), z kolei w 2013 roku był prowadzony monitoring operacyjny (przeprowadzany co 3 lata) i obejmujący wody pozostałych zbiorników kaskady Soły (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych [Dz. U. z 2016 r., poz. 1178].

WYNIKI

Badania wykazały, że na stanowisku P1, zlokalizowanym w rejonie zapory, biomasa glonów była wyższa niż na stanowisku P2 (rys. 2). Wynika to przypuszczalnie z miejsca usytuowania tego stanowiska. Prąd wody w tej części zbiornika jest mniej turbulentny, a bardziej zastoiskowy, a to stwarza dobre warunki dla rozwoju glonów. Zauważalne jest też zmniejszenie wielkości biomasy na tym stanowisku w lipcu (wynosiła ona $12,93 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Mogło to być wynikiem występującej w tym okresie słonecznej pogody. Lato w roku 2015 było upalne i bardzo słoneczne. Glony chroniąc się przed szkodliwym działaniem promieni ultrafioletowych przypuszczalnie opuściły powierzchnię warstwy wody, migrując w jej głąb. Z kolei w sierpniu i we wrześniu, w efekcie utrzymującej się wysokiej temperatury wody w zbiorniku, mogło nastąpić obniżenie zawartości tlenu w wodzie (na skutek rozkładu przez bakterie nagromadzonej materii organicznej), zwłaszcza w strefach przydennych, co w konsekwencji sprzyjało uwalnianiu fosforu z osadów dennych. Dlatego prawdopodobnie nastąpił wzrost biomasy glonów w tych okresach (wyniosły one odpowiednio: $17,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $22,36 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Wyższe wartości biomasy na tym stanowisku mogły być też związane z bardziej rekreacyjnym charakterem tego miejsca i dopływem biogenów. Znajduje się tu bowiem wypożyczalnia rowerów wodnych i jest to miejsce kąpieliskowe, a po drugiej stronie brzegu znajduje się przystań Klubu Żeglarskiego LOK Dryf. Przypuszczalnie dlatego stanowisko to jest bardziej narażone na dopływ związków biogenych, które stanowią główne składniki pokarmowe dla glonów.

Drugie stanowisko z kolei zlokalizowane było bliżej dopływu rzeki Soły do zbiornika i charakteryzowało się niewielką ilością miejsc

kapieliskowych. Niższe biomasy fitoplanktonu mogły wynikać z bardziej turbulentnego prądu wody w tym rejonie oraz niższego dopływu związków biogenych. Biomasy glonów planktonowych oscylowały między $2,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $18,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (rys. 2).

Trzeba podkreślić, że zbiornik Porąbka, jako drugi w kaskadzie, przejmuje mniejszą ilość zanieczyszczeń, ponieważ jako pierwsze z obszaru zlewni dopływają one do zbiornika Tresna. Należałoby się więc spodziewać niewielkich wartości biomasy fitoplanktonu. Biomasa glonów w roku badań była dość wysoka, co wiązało się przypuszczalnie z upalnym i słonecznym latem w 2015 r. oraz większą liczbą turystów i wczasowiczów w okolicach zbiornika, a w konsekwencji sprzyjało dopływowi biogenów do wód zbiornika.

Na podstawie przeprowadzonych analiz biomasy glonów planktonowych stwierdzono, że wody zbiornikowe są silnie zeutrofizowane, większość wartości przekraczała bowiem wartości dopuszczalne dla eutrofii, a nawet hipertrofii (rys. 2). Jedynie w maju na drugim stanowisku badawczym wartość biomasy glonów była niska i przekraczała nieznacznie górną granicę mezotrofii.

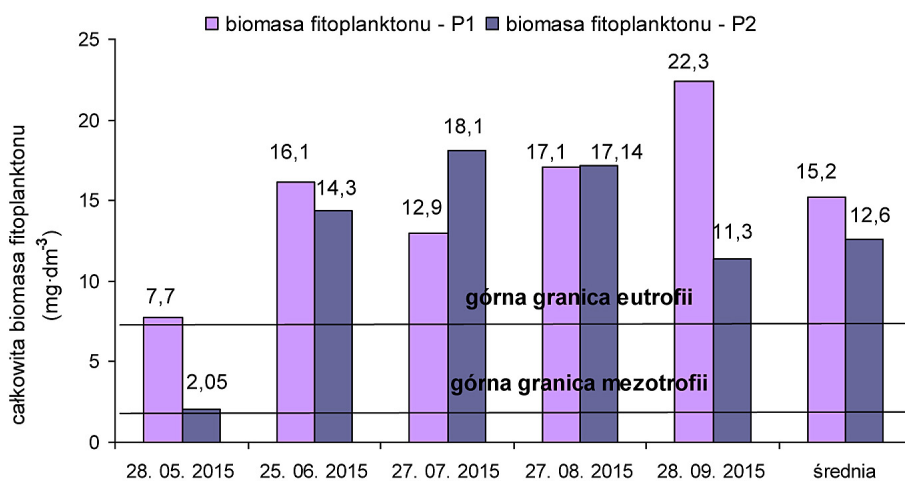
Przeprowadzone analizy wykazały, że poziom trofii wód zbiornika w latach 2012 i 2013, określony za pomocą wskaźnika TSI, oscylował między mezotrofią i mezoeutrofią (rys. 3). Na mezotroficzny charakter wód zbiornika wskazały wartości liczbowe indeksów TSI (SD – obliczony na podstawie średnich wartości przezroczystości (m) i CHI – obliczony w oparciu o średnie stę-

żenia chlorofilu a ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$)) w 2013 r. Pozostałe wartości liczbowe indeksu TSI wskazywały na mezoeutroficzny charakter wód zbiornika (m. in. SD i CHI w roku 2012 i TP – obliczony na podstawie stężeń fosforu ogólnego ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) w obu latach badań).

Jakość wód zbiornika Porąbka została określona na podstawie wyników analiz prowadzonych przez WIOŚ w Katowicach, oddział w Bielsku-Białej w latach 2012 i 2013. Ocenę stanu wód (potencjał ekologiczny, stan chemiczny, ogólny stan wód) dla elementów biologicznych, hydromorfologicznych, fizykochemicznych (w tym substancji szczególnie szkodliwych syntetycznych i niesyntetycznych) oraz substancji priorytetowych i innych substancji zanieczyszczających przeprowadzono na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r., w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. 2016, poz.1187].

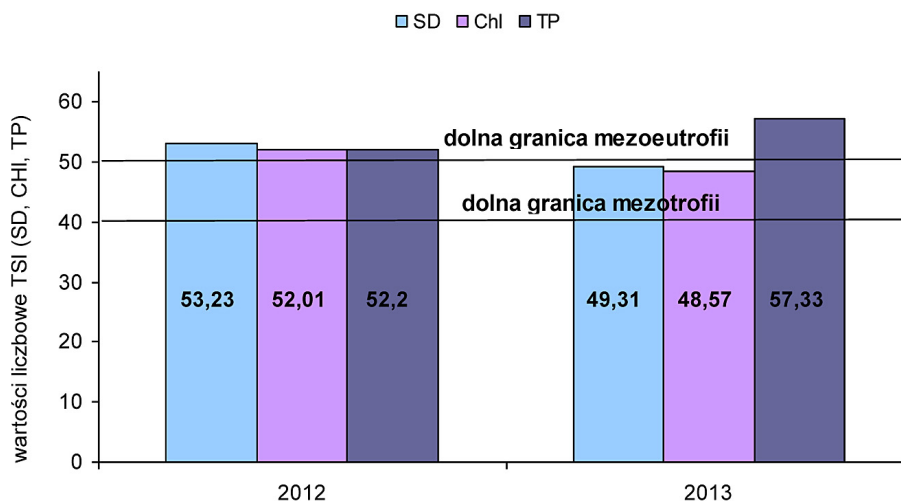
Potencjał ekologiczny wód zbiornika w latach 2012 i 2013 określono na podstawie elementów biologicznych, hydromorfologicznych oraz fizykochemicznych (w tym substancji szczególnie szkodliwych syntetycznych i niesyntetycznych), i przedstawiono w poniższej tabeli (tabela 3).

Analizowane elementy biologiczne w latach 2012 i 2013 wskazywały na różny stopień zanieczyszczenia wody, oscylowały one w granicach pomiędzy I klasą i III klasą potencjału ekologicznego (odpowiednio maksymalnym i umiarkowanym potencjałem ekologicznym



Rys. 2. Zmienność biomasy glonów planktonowych w wodach zbiornika w sezonie wegetacyjnym 2015 r., w obrębie obu stanowisk badawczych wraz z określonym poziomem trofii

Fig. 2. The variability of the algae planktonic biomass in the reservoir water, in the growing season of 2015, within the both research points with the specified trophic level



Rys. 3. Wartości liczbowe wskaźnika TSI (SD, CHI, TP) wraz z określonymi poziomami troficznymi w latach 2012 i 2013 w obrębie stanowiska badawczego P1

Fig. 3. The numerical values of the TSI index (SD, CHI, TP) with the specified trophy levels in 2012 and 2013 within the P1 research point

Tabela 3. Ocena potencjału ekologicznego na podstawie elementów biologicznych, fizykochemicznych (w tym substancji szkodliwych syntetycznych i niesyntetycznych) oraz hydromorfologicznych

Table 3. The evaluation of the ecological potential the based on biological, physical and chemical (in it synthetic and non-synthetic harmful substances) and hydromorfological elements

Wskaźniki		Rok 2012	Klasa jakości	Rok 2013	Klasa jakości
Biologiczne	wskaźnik fitoplanktonowy (IFPL)	0,86	I	0,74	II
	multimetryczny Indeks Okrzemkowy (IO)	0,69	II	0,65	II
	indeks Makrobezkręgowce Bentosowe (MZB)	0,49	III	0,47	III
Hydromorfologiczne			II		II
Fizykochemiczne	temperatura (°C)	14,8	I	12,9	I
	tlen rozpuszczony (mg O ₂ ·dm ⁻³)	10,2	I	10,1	I
	BZT ₅ (mg O ₂ ·dm ⁻³)	1,5	I	1,5	I
	OWO (mg C·dm ⁻³)	2,7	I	3,1	I
	przewodność w 20 °C (uS/cm)	161	I	230	I
	wartość pH	7,6 – 7,9	I	7,5 – 8,2	I
	azot azotanowy (mg N- NO ₃ ·dm ⁻³)	0,73	I	0,83	I
	azot ogólny (mg N·dm ⁻³)	1,11	I	1,14	I
	fosforany (mg PO ₄ ·dm ⁻³)	0,039	I	0,062	I
	fosfor ogólny (mg P·dm ⁻³)	0,028	I	0,04	I
Substancje szczególnie szkodliwe (syntetyczne i niesyntetyczne)	arsen (mg As·dm ⁻³)	<0,01	I	-	-
	bar (mg Ba·dm ⁻³)	0,032	I	-	-
	bor (mg B·dm ⁻³)	<0,08	I	-	-
	chrom ogólny (mg Cr·dm ⁻³)	<0,003	I	-	-
	cynk (mg Zn·dm ⁻³)	0,011	I	0,014	I
	miedź (mg Cu·dm ⁻³)	0,0065	I	0,004	I
	fenole lotne – indeks fenolowy (mg·dm ⁻³)	0,0006	I	0,001	I
	węglowodory ropopochodne – indeks olejowy (mg·dm ⁻³)	<0,025	I	<0,05	I
	glin (mg Al·dm ⁻³)	0,043	I	-	-
	cyjanki wolne (mg CN·dm ⁻³)	<0,005	I	-	-

Objaśnienia: Kolorową czcionką oznaczono klasy potencjału ekologicznego, do których zaliczono określone elementy biologiczne i fizykochemiczne (niebieski – klasa I, zielony – klasa II, żółty – klasa III)

biologicznego wskaźnika). Wartość Wskaźnika Fitoplanktonowego (IFPL) wskazywała na I klasę jakości wody (maksymalny potencjał ekologiczny), ale tylko w 2012 r., w 2013 r. wskazywała na II klasę (dobry potencjał ekologiczny), z kolei Multimetryczny Indeks Okrzemkowy (IO) zaliczono do II klasy jakości, a Wskaźnik Makrobezkręgowców Bentosowych (MZB) do III klasy potencjału ekologicznego (umiarkowany potencjał ekologiczny). To pozwala na zaklasyfikowanie wód zbiornikowych, na podstawie elementów biologicznych, do umiarkowanego potencjału ekologicznego, bo według wyżej wymienionego rozporządzenia decyduje najgorszy wynik określonego wskaźnika.

Wody zbiornika pod względem fizykochemicznym odznaczały się lepszą jakością, ponieważ wszystkie elementy fizykochemiczne (w tym substancje syntetyczne i niesyntetyczne), zaliczono do I klasy jakości wód (maksymalnego potencjału ekologicznego). Średnie roczne stężenia nie przekraczały bowiem wartości dopuszczalnych nawet dla I klasy.

Elementom hydromorfologicznym przypisano klasę II, czyli potencjał ekologiczny poniżej maksymalnego.

Zgodnie z wyżej wymienionym rozporządzeniem, niezależnie od klasyfikacji elementów fizykochemicznych (w tym substancji syntetycznych

i niesyntetycznych) i hydromorfologicznych, najbardziej istotne w ocenie są elementy biologiczne. Dlatego wody badanego zbiornika zaklasyfikowano do umiarkowanego potencjału ekologicznego (czyli III klasy potencjału ekologicznego).

Ocenę stanu chemicznego wód zbiornika Porąbka w roku 2012 wykonano na podstawie analizy wybranych 16 substancji priorytetowych oraz innych zanieczyszczeń (w roku 2013 substancje priorytetowe i inne zanieczyszczenia nie były oznaczane), zgodnie z wyżej wymienionym rozporządzeniem (rozporządzenie to mówi o co najmniej 12 parametrach). Po porównaniu średniorocznych oraz maksymalnych stężeń wybranych parametrów z ich dopuszczalnymi średniorocznymi oraz maksymalnymi stężeniami określono stan chemiczny wód zbiornika. Odnotowane stężenia poszczególnych wskaźników nie przekraczają dopuszczalnych wartości, więc wody zbiornika zostały zaklasyfikowane do dobrego stanu chemicznego (tabela 4).

Końcową ocenę stanu jednolitych części wód zbiornika przeprowadzono bazując na wynikach klasyfikacji potencjału ekologicznego oraz stanu chemicznego, zgodnie z wyżej wymienionym Rozporządzeniem (tabela 5). Określony umiarkowany potencjał ekologiczny oraz dobry stan chemiczny niestety wskazują na zły stan wód zbiornikowych.

Tabela 4. Ocena stanu chemicznego wód zbiornika

Table 4. The evaluation of the chemical state of the reservoir water

Wskaźniki		2012			
		Oznaczone średnie stężenia roczne ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Dopuszczalne stężenie średnioroczne ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Oznaczone maksymalne stężenia roczne ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Maksymalne dopuszczalne stężenia ($\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$)
Substancje priorytetowe i inne zanieczyszczenia	Kadm i jego związki	0,03	0,08	0,13	0,45
	Ołów i jego związki	1,2	1,2	3,1	14
	Rtęć i jej związki	0,02	-	0,051	0,07
	Antracen	<0,03	0,1	<0,03	0,1
	Atrazyna	<0,03	0,6	<0,03	2
	Heksachlorocykloheksan (HCH)	0,00475	0,02	0,024	0,04
	Benzen	<2,5	10	<2,5	50
	Trichlorobenzeny (TCB)	<0,12	0,4	<0,12	-
	Naftalen	<0,7	2	<0,7	130
	Symazyna	<0,03	1	<0,03	4
	DDT całkowity	0,0040	0,025	0,0075	-
	1,2-dichloroetan (EDC)	<3	10	<3	-
	dichlorometan	<6	20	<6	-
	tetrachlorometan	<3,6	12	<3,6	-
	Trichloroetylen (TRI)	1,625	10	3	-
Tetrachloroetylen (PER)	<3	10	<3	-	

Objaśnienia: Kursywą oznaczono wartości poszczególnych parametrów, które nie przekraczają dopuszczalnych wartości, zarówno średniorocznych, jak i maksymalnych

Tabela 5. Ocena stanu wód zbiornika**Table 5.** The evaluation of the state of the reservoir water

Stan wód		Stan chemiczny	
		dobry	poniżej dobrego
Potencjał ekologiczny	maksymalny potencjał ekologiczny	dobry stan wód	zły stan wód
	dobry potencjał ekologiczny	dobry stan wód	zły stan wód
	<i>umiarkowany potencjał ekologiczny</i>	<i>zły stan wód</i>	zły stan wód
	słaby potencjał ekologiczny	zły stan wód	zły stan wód
	zły potencjał ekologiczny	zły stan wód	zły stan wód

Objaśnienia: Kursywą i pogrubioną czcionką oznaczono ten potencjał ekologiczny i ten stan chemiczny, który uwzględniono w ocenie stanu wód oraz wynik oceny

DYSKUSJA

Jakość wody w zbiornikach, zwłaszcza rekreacyjnych i wodociągowych, ma szczególne znaczenie, bo wpływa na zdrowie wypoczywających i użytkujących ją ludzi, dlatego też wartości parametrów fizykochemicznych i biologicznych powinny utrzymywać się w granicach oligo- i mezotrofii oraz nie powinny przekraczać wartości granicznych dla I klasy jakości.

Przeprowadzone badania pokazują jednak, że wody zbiornika Porąbka w analizowanym okresie były mezo- i mezoeutroficzne (na podstawie wartości indeksu TSI Carlsona) oraz eutroficzne, a nawet hipertroficzne (na podstawie wartości biomasy fitoplanktonu).

Wysokie wartości biomasy fitoplanktonu w 2015 r. mogły wynikać najprawdopodobniej z bardzo słonecznego i upalnego lata, a takie warunki sprzyjają rozwojowi glonów planktonowych. Z uwagi na to, że zbiornik pełni funkcje rekreacyjne, napływ znacznej liczby turystów i wczasowiczów w okresie letnim prawdopodobnie spowodował dostawę większej ilości biogenów do zbiornika, które stanowią główne składniki pokarmowe dla glonów. W opinii Ryding i Rast – za Wilk-Woźniak (2003) i Beghelli i in. (2016) cechą charakterystyczną wód eutroficznych jest wysoki poziom biomasy fitoplanktonu, może więc ona sugerować wzrost procesów eutrofizacyjnych w zbiorniku.

Z kolei podobne do otrzymanych, wartości indeksu TSI Carlsona dla przezroczystości, chlorofilu *a* oraz fosforu ogólnego obserwował Jaguś [2011] w zbiorniku Porąbka w latach wcześniejszych (2007 – 2009). To z kolei może wskazywać na utrzymywanie się takiego poziomu trofii w wodach zbiornika, a wysokie biomasy w roku badań mogły wynikać z gorącego i słonecznego lata. Jeszcze wyższe wartości liczbowe wskaźników TSI obserwowano w rekreacyjnym nizinym,

zbiorniku zaporowym Sulejowskim [Jodłowski i Gutkowska 2012], który jest dużo bardziej zeutrofizowany i zdegradowany [Kabziński i Grabowska 2008, Trojanowska i in. 2010, Jachniak, Suchanek 2015], natomiast zbliżone wartości indeksu TSI chlorofilowego stwierdzono również w rekreacyjnym zbiorniku zaporowym Rzeszów [Gruca-Rokosz 2013].

Konieczne jest więc częstsze i kompleksowe badanie wód zbiornikowych, aby zapobiec przyspieszeniu eutrofizacji.

Analiza jakości wody, czyli potencjału ekologicznego, stanu chemicznego oraz stanu wód zbiornikowych również wykazała występowanie złego stanu wód. Zdecydowały o tym parametry biologiczne, głównie makrobezkręgowce bentosowe, które pozwoliły zaklasyfikować wody zbiornikowe do umiarkowanego potencjału ekologicznego. Elementy biologiczne stanowią bowiem podstawę tej oceny, natomiast fizykochemiczne i hydromorfologiczne są elementami wspierającymi (uzupełniającymi) biologiczne (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r., w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. 2016, poz.1187]). Organizmy żywe są bowiem bardzo dobrymi bioindykatorami warunków środowiskowych, dlatego w ocenie stanu wód pełnią decydującą rolę. Ich obecność, brak lub określona liczebność oraz biomasa dostarczają wielu informacji o warunkach środowiskowych panujących w danym ekosystemie (Bucka i Wilk-Woźniak 2007, Yang i in. 2008, Antón-Garrido i in. 2013, Järvinen i in. 2013, Baleta i Bolaños 2016).

Wyniki badań pokazują jednoznacznie, że jakość wody w zbiorniku nie jest odpowiednia. Silny rozwój fitoplanktonu w roku badań oraz umiarkowany potencjał ekologiczny w roku

2012 i 2013, na który wskazały makrobezkręgowce oznacza, że należy podjąć pewne kroki zaradcze (m. in. uporządkować gospodarkę wodno-ściekową, zwłaszcza w miejscach o zwiększonej liczbie ośrodków czasowych i domków letniskowych), w celu uniknięcia wzrostu procesów eutrofizacyjnych. To powinno pozwolić na poprawę stanu troficznego wód oraz potencjału ekologicznego i ogólnego stanu wód zbiornikowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Antón-Garrido B., Romo S., Villena M.J. 2013. Diatom species composition and indices for determining the ecological status of coastal Mediterranean Spanish lakes. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 70(2), doi: 10.3989/ajbm. 2373, 122–135.
2. Baleta F.N., Bolaños J.M. 2016. Phytoplankton identification and water quality monitoring along the fish-cage belt at Magat dam reservoir, Philippines. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(3), 254–260.
3. Beghelli F.G. dS., Frascareli D., Pompêo M.L.M., Moschini-Carlos V. 2016. Trophic state evolution over 15 years in a Tropical reservoir with low nitrogen concentrations and cyanobacteria predominance. *Water, Air, and Soil Pollution*, 227 (3), doi.org/10.1007/s11270-016-2795, 195–110.
4. Bucka H., Wilk-Woźniak E. 2007. Glony pro- i eukariotyczne zbiorowisk fitoplanktonu w zbiornikach wodnych Polski Południowej. Instytut Ochrony Przyrody – PAN, Kraków, ss. 352.
5. Carlson R.E., 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22 (2), 361–369.
6. Gruca-Rokosz R. 2013. Stan troficzny zbiornika zaporowego Rzeszów. *Journal of civil engineering, environment and architecture*, t. XXX, z. 60 (3/13), 279–291.
7. Heinonen P. 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Publ. Water res. Inst., Nat. Board of waters, Finland*, 37, 1–91.
8. Jachniak E. 2010. Wpływ czynników fizykochemicznych oraz hydrologicznych na przebieg procesów eutrofizacyjnych w wybranych zbiornikach zaporowych południowej Polski. Praca doktorska. Uniwersytet Rolniczy, Kraków, ss. 236.
9. Jachniak E., Suchanek I. 2015. Eutrofizacja zbiornika zaporowego Tresna w aspekcie jego rekreacyjnego wykorzystania. *Inżynieria Ekologiczna*, 44, doi: 10.12912/23920629/60042, 170–177.
10. Jaguś A. 2011. Ocena stanu troficznego wód zbiorników kaskady Soły. *Proceedings of ECOpole*, 5 (1), 233–238.
11. Järvinen M., Drakare S., Free G., Lyche-Solheim A., Phillips G., Skjelbred B., Mischke U., Ott I., Poikane S., Søndergaard M., Pasztaleniec A., Wichelen J.V., Portielje R. 2013. Phytoplankton indicator taxa for reference conditions in Northern and Central European lowland lakes. *Hydrobiologia*, 704, 97–113.
12. Jodłowski A., Gutkowska E. 2012. Ocena stanu troficznego wód zbiornika Sulejowskiego na podstawie indeksu Carlsona. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, 15 (4), 341–351.
13. Kabziński A.K.M., Grabowska H. 2008. Rozwój zakwitów sinicowych w Polsce na przykładzie zbiornika sulejowskiego. *Gospodarka Wodna*, 5, 194–207.
14. Kasza H. 2009. Zbiorniki zaporowe. Znaczenie – eutrofizacja – ochrona. ATH, Bielsko – Biała, ss. 366.
15. Lund J.W.G., Kipling C., Le Gren E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, 1, 144–170.
16. Osuch-Chacińska L., Bałus S., Bores-Meinike D., Drzyżdżyk W., Fiedler K., Olszewski A., Ryzak R., Stanach-Bałus K. 2007. Kaskada rzeki Soły. Zbiorniki Tresna, Porąbka, Czaniec. Monografia. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, Warszawa, ss. 167.
17. Rott E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 43/1, Birkhäuser Verlag Basel, 34–62.
18. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych [Dz. U. z 2016 r., poz. 1178].
19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r., w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz.U. 2016, poz.1187].
20. Saghi H., Karimi L., Javid A.H. 2015. Investigation on trophic state index by artificial neural networks (case study: Dez Dam of Iran). *Appl Water Sci.* 5, doi: 10.1007/s13201-014-0161-2, 127–136.
21. Stachowicz K., Czernoch M. 1992. Charakterystyka ekologiczna zbiorników zaporowych na Sole. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa, ss. 72.
22. TieGang Z., JingQiao M., HuiChao D., DeFu L. 2011. Impacts of water release operations on algal blooms in a tributary bay of Three Gorges Reservoir. *Science China. Technological Sciences*, 54(6), doi: 10.1007/s11431-011-4371-7, 1588–1598.
23. Trojanowska A.A., Izydorczyk K. 2010. Phospho-

- rus fractions transformation in sediments before and after cyanobacterial bloom: implications for reduction of eutrophication symptoms in dam reservoir. *Water Air Soil Pollut.*, 211, doi: 10.1007/s11270-009-0299-y, 287–298.
24. Wilk-Woźniak E. 2003. Phytoplankton – formation reflecting variation of trophy in dam reservoirs. *Ecohydrology and Hydrobiology, Proceedings of the XX th International Phycological Symposium*, 3 (2), 213–219.
25. Yang X, Xiang Wu X., Hao H., He Z. 2008. Mechanisms and assessment of water eutrophication. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9 (3), doi:10.1631/jzus.B0710626, 197–209.